

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25750376

研究課題名(和文)子どもの交通事故と防犯対策を考慮した通学路の計画・空間設計手法の検討

研究課題名(英文) Study on the school-commuting roads planning and design through the countermeasure against traffic accidents and crimes involving the schoolchildren

研究代表者

松永 千晶 (Matsunaga, Chiaki)

九州大学・工学研究院・助教

研究者番号：80325513

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：登下校時の通学路上で発生する交通事故や路上犯罪・不審行為は、子どもの日常生活の安全を脅かす重大な要因である。そこで本研究は、通学路のネットワーク・空間の設計や交通規制などの交通計画的手法による交通安全・防犯対策の検討のため、子どもの存在状況や道路空間の物理的要因が交通事故および路上犯罪・不審行為の発生に与える影響を定量化するモデルを作成した。モデルを福岡市内の中学校区で生徒が被害者となる交通事故や路上犯罪・不審行為事例に適用したところ、学校からの距離とそれらの発生の関係を再現することができた。さらに、物理的要因が事故や犯罪に与える影響度を定量化することができた。

研究成果の概要(英文)：The traffic accidents, crimes and prowlers on school-commuting roads are serious factors which threaten the safety of children's daily life. In this study, we aim at evaluating the possible countermeasures against traffic accidents and crimes involving schoolchildren. We made mathematical models to quantify the influence of the appearance of schoolchildren and the physical factors around school-commuting roads on traffic accidents, crimes and prowlers. We applied these models to real cases of traffic accidents, crimes and prowlers involving middle school students on the school-commuting roads of Fukuoka City. As a result, these models permit to replicate the relationship between the distance from school and the distribution of traffic accidents, crimes and prowlers, and to quantify the influence of the appearance of schoolchildren and the physical factors on traffic accidents, crimes and prowlers.

研究分野：交通計画学・都市計画学

キーワード：交通事故 防犯環境設計 通学路 交通規制 街路

1. 研究開始当初の背景

総務省の「平成 23 年度版 子ども・若者白書」¹⁾によると、平成 21 年度中に発生した 5～14 歳の子どもの不慮の事故死原因の第 1 位は交通事故である(図-1)。この交通事故の多くは道路空間、特に 15～17 時の下校時間帯に学校周辺の路上で発生していることが報告されている²⁾。さらに、最近になって登下校中に児童が犠牲になる交通事故が発生し、登下校時の通学路の安全性が社会的に問題視されている。

通学路の安全性を考えると、もうひとつ忘れてはならないのが犯罪や不審者出没への対策である。文献によると、子どもが被害者となる犯罪のほとんどが路上、かつ下校時間帯に発生していることが知られている^{3)、4)}。

交通事故および路上犯罪はどのように発生するのか。事故や犯罪の加害者と、被害者となる子どもが発生現場である道路空間に存在することに加え、周辺の交通量や交通施設、路上設置物、沿道建物の状況などの物的要因の影響が考えられる。事実、子どもを対象とした路上犯罪や不審行為の多くは、「犯行企図者と、ターゲットに適した人や物、犯行に適した環境要因が時間的・空間的に揃った場所で遂行される可能性が高くなる」⁵⁾という性質を持つ、機会犯罪と呼ばれる類のものである。また、交通事故についても、当事者の違反行為や不注意だけではなく、横断歩道や信号の有無、交通量や見通しの悪さなどが原因となっていることは明らかである。

つまり、これら道路空間に関する物的要因

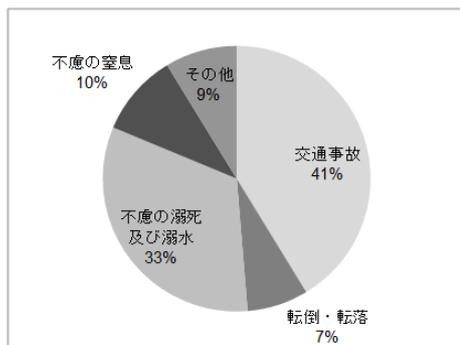


図-1 子どもの不慮の事故死原因 (5～14歳、230件中)¹⁾

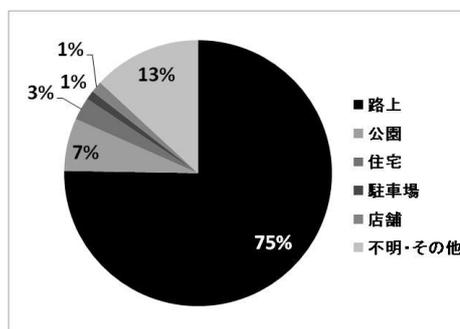


図-2 福岡県の小中学生対象犯罪 360件の発生現場 (2007年6月～翌年5月、ふっけい防犯メールデータより作成)

を制御することで、交通事故や路上犯罪・不審者出没を抑制することが可能であると考える。このとき、有効かつ強力なツールとなるのが、道路ネットワーク・空間設計や交通規制などといった交通計画的手法である。しかしながら、交通計画の分野において道路設計手法や交通規制による防犯対策や、交通事故と路上犯罪・不審者出没を同時に考慮した通学路空間の計画・設計手法についての研究や知見は少なく、未だに議論の余地があると考える。

2. 研究の目的

以上のような経緯により、本研究は子どもの交通事故と路上犯罪・不審者遭遇を防ぐための、通学路計画・設計手法の検討のため、研究期間内で以下について明らかにすることを目的とした。

1 つめは、「子どもの存在状況と通学路空間に関する物理的要因が交通事故および犯罪・不審者発生に与える影響の定量化」である。これについては、交通量や路上配置物、沿道施設の状況といった通学路周辺の物理的影響要因を考慮した交通事故および犯罪・不審者発生メカニズムを表す数学モデルの作成を行った。

2 つめは、モデルの結果を用いた、「道路ネットワーク構成、道路空間設計や交通規制等の交通計画的手法による交通事故および犯罪・不審者発生抑制効果の検討」である。

3. 研究の方法

研究代表者らはこれまでに小学生を対象に同様の研究を実施し、通学路上の児童の存在状況と物理的要因が交通事故と犯罪・不審者発生に与える影響を明らかにしてきた。これに対して、今回は中学生を対象とした。中学生は小学生に比べて、財産犯・性犯罪の被害に遭遇する割合が高い、下校時刻が遅いため街灯の有無など新たな物理的環境要因の考慮が必要となることなどがその理由である。

本研究では、先に述べた研究の目的を達成するため交通事故と犯罪・不審者の発生メカニズムを表す数学モデルを、中学生の存在状況と通学路周辺の物理的環境要因の影響を考慮しながら作成した。以下に、その具体的な内容を示す。

(1) 交通事故発生モデル

モデルでは、住宅地中心の校区で発生する、中学生と車両が当事者となる交通事故を想定した。図-3 にモデル図を示す。交通事故の危険性は「中学生と車両の遭遇回数」と、「影響要因の多寡」の 2 つによって決まるとすると、登下校時の通学路の任意の場所における交通事故危険指標 I_n は(1)のように与えられる。

$$I_n = \alpha \times \phi_n \times \psi_n \quad (1)$$

α : パラメータ

ϕ_n : 中学生と車両の遭遇回数の期待値

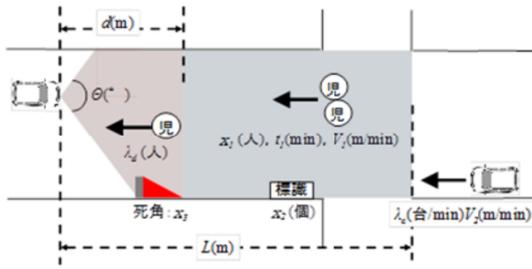


図-3 通学路のモデル図

ψ_n : ドライバーの視認距離内に存在する影響要因の多寡を表す指標

(1)式の中中学生と車両の遭遇回数の期待値 ϕ_n は、ドライバーが走行中に危険を感じ、急ブレーキをかけて停止するまでの距離(以下停止距離)の範囲内に存在する生徒数と車両の交通量を用いて、次式のように与えた。

$$\phi_n = \lambda_d \times \lambda_c \quad (2)$$

$$\lambda_d = (N_p/V_s) \times d \quad (3)$$

λ_d : 車両の停止距離内に存在する生徒数(人)
 λ_c : 登下校時間帯の車両の単位時間当たり交通量(台/min)

N_p : ある地点 p における単位時間当たりの登下校生徒数(人/min)

V_s : 中学生の歩行速度(m/min)

d : 車両の停止距離(m)

また、ドライバーの視認距離内に存在する影響要因の多寡を表す指標 ψ_n は(4)のように表される。

$$\psi_n = \sum_{m=1}^4 \beta_m x_m^{\gamma_m} \quad (4)$$

β_m, γ_m : 各要因の事故危険性への影響度を表すパラメータ

x_1 : 車両の停止距離外に存在する生徒数(人)

x_2 : 生徒以外の歩行者交通量(人)

x_3 : 道路標識・道路標示の設置数(個)

x_4 : ドライバーの可視範囲に対する死角の割合

このうち、 x_1, x_4 はそれぞれ次式のように与えられる。

$$x_1 = (N_p/V_s) \times (L - d) \quad (5)$$

L : 視認距離(m)

$$x_4 = S_d/S \quad (6)$$

S_d : ドライバーの死角となる範囲(m²)

S : ドライバーの可視範囲(m²)

ここで、視認距離とは、人や物の特徴を認識できる限界の距離であり、時間帯や照明の有無などの現場周辺の明るさで変化するものである。研究代表者らのこれまでの研究成果より、昼間の視認距離は 100m で一定とするが、夜間については後述の照度との関係式から得られた値を用いた。

(2) 犯罪・不審者発生のモデル

交通事故と同様、住宅地中心の校区で発生する中学生対象の犯罪と不審者出没を想定した。校区内の任意の場所において犯行企図者が行動を起こすか否かは、その場での「タ

ーゲットとの遭遇機会」と「物理的環境要因の揃い方」に左右されるため、それぞれの指標を用いて、任意の通学路区間 i における任意の時間帯 j の犯罪・不審者の発生しやすさ P_{ij} は次式のように与える。

$$P_{ij} = \alpha \times P_{1ij} \times P_{2ij} \times P_{3ij} \quad (7)$$

α : パラメータ

P_{1ij} : 犯行企図者とターゲットとの遭遇機会を表す指標

P_{2ij} : 動的監視性に関する物理的環境要因の存在を表す指標

P_{3ij} : 静的監視性に関する物理的環境要因の存在を表す指標

犯行企図者とターゲットとの遭遇機会を表す指標 P_{1ij} については、犯行企図者はターゲットの物色に十分な生徒との遭遇回数を得られることと、目撃等のリスクを避けられる程度にターゲットが他の生徒から離れた状態にあることの両方を満たす場合に行動を起こすと考えられる。登下校中の中学生はランダムに存在すると仮定し、その通過時間間隔を指数分布で与え、次式のように表す。

$$P_{1ij} = \int_{t_{min}}^{t_{max}} \lambda_{cij} \exp(-\lambda_{cij} \times t_{cij}) dt_{cij} \quad (8)$$

λ_{cij} : 単位時間当たりの中学生の平均通過回数(人/min)

t_{max} : 通過時間間隔の最大閾値(min)

t_{min} : 通過時間間隔の最小閾値(min)

通学路周辺の動的監視性に関する物理的環境要因の存在を表す指標 P_{2ij} については、交通流から得られる監視性とした。動的監視性は交通量だけでなく、その速度でも変化することが考えられるため、歩行者・自転車、自動車・自動二輪車の 2 タイプに分け、その影響範囲として犯行企図者の視認距離を考慮しながら次式のように与えた。

$$P_{2ij} = W_{ij} \times V_{ij} \quad (9)$$

$$W_{ij} = \int_{L/v_w}^{\infty} \lambda_{wij} \exp(-\lambda_{wij} \times t_{wij}) dt_{wij} \quad (10)$$

$$V_{ij} = \int_{L/v_v}^{\infty} \lambda_{vij} \exp(-\lambda_{vij} \times t_{vij}) dt_{vij} \quad (11)$$

W_{ij}, V_{ij} : 犯行企図者の視認距離内に歩行者・自転車および自動車・自動二輪車が侵入しない確率

L : 犯行企図者の視認距離(m)

v_w, v_v : 歩行者・自転車および自動車・自動二輪車の平均通過速度(m/min)

$\lambda_{wij}, \lambda_{vij}$: 歩行者・自転車および自動車・自動二輪車の単位時間当たりの平均通過回数(回/min)

t_{wij}, t_{vij} : 歩行者・自転車および自動車・自動二輪車の平均通過時間間隔(min)

視認距離 L については、交通事故に関するモデルと同様、昼間は 100m とし、夜間については後述の照度との関係式から得られた値を用いた。

静的監視性に関する物理的環境要因の存在を表す指標 P_{3ij} については、沿道施設からの監視性のうち、影響が大きいと考えられる駐車場・空き地・公園、150cm 以上の塀・壁・生垣、河川、小学校(夜間のみ)を対象とし

た。これらを監視性を高めるものと逆に低下させるものに分類した上で、次式のように表した。

$$P_{3ij} = \sum_{k=1}^2 \gamma_k \phi_{ijk} \beta_k \quad (12)$$

ϕ_{ijk} : 区間 i の時間帯 j の道路に対する間口・設置長の割合および設置数

β_k, γ_k : パラメータ

$j = 1$: 駐車場・空き地・公園、 $j = 2$: 塀・壁・生垣・河川・小学校 (夜間のみ)

(3) 夕方・夜間の視認距離の設定

視認距離は人や物の特徴を認識できる限界の距離であり、時間帯や照明の有無などによる現場周辺の明るさで変化するが、原理的には影響を受けた人の視力によって変化する。視認距離と照度の関係を直接表すことは困難であるため、以下のように視力と視認距離、および照度と視力の関係から導出した。

視力については、1909年の第11回国際眼科学会での定義に基づき、視角 θ (rad) を用いて次式のような関係式で表される。

$$\theta = \frac{\pi}{180 \times 60} \times \frac{1}{C(r)} \quad (13)$$

$C(r)$: 視力

θ が微小であるときは、目から対象物までの距離 l (m) と、対象物の大きさ h (m) を用いて、次式のように近似できる。

$$C(r) = \frac{\pi}{180 \times 60} \times \frac{l}{h} \quad (14)$$

定義上、視力とは(14)式において視認対象物との距離が l (m) 以上離れるか、対象物の大きさが h (m) より小さくなると視認できなくなることを意味する。視認対象物の大きさが一定であれば、(14)式中の距離 l (m) は視認距離に相当する。よって視認距離は次式で与えられる。

$$L(r) = \frac{180 \times 60 \times h}{\pi} \times C(r) \quad (15)$$

次に、照度と視力の関係については、文献⁶⁾から得た実験値を用いて、最小二乗法により近似式を求めた。

$$C(r) = 0.161 \ln r + 0.47 \quad (16)$$

r : 照度 (lx)

(13)式と(16)式を用いて、照度と視角の関係式を求めると、次式のようになった。この関係を図-4で示すと、100 lx 以上で視角はほぼ

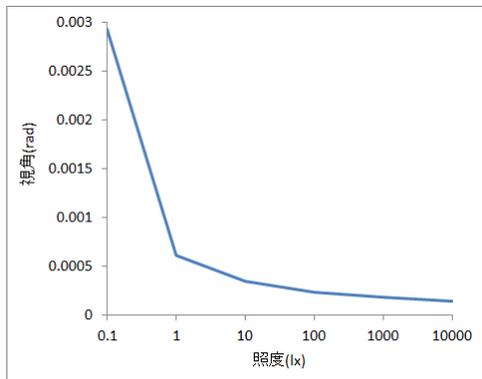


図-4 照度と視角の関係

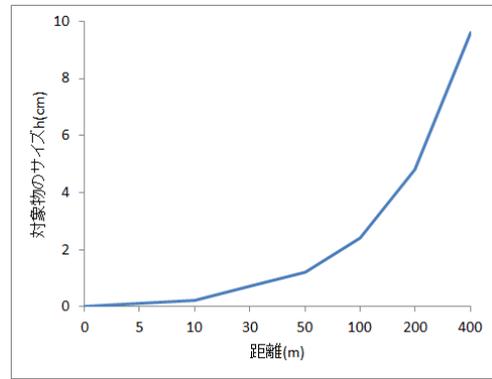


図-5 距離と視認可能な対象物の大きさの関係

(照度 $r = 100$ lx)

一定、つまり、視力もほぼ一定となる。

$$\theta = \frac{\pi}{180 \times 60} \times \frac{1}{(0.161 \ln r + 0.47)} \quad (17)$$

θ が微小のときは h/l に等しいことから、100lx 以上では対象物の大きさが一定であれば、視認距離もほぼ一定であると言える。このとき、(15)式と(16)式を用いて得た照度 100lx での対象物までの距離と視認可能な対象物の大きさを図-5に示す。これによると、100m では $h=0.024$ (m) となった。これは人間の目鼻に相当する大きさであり、顔の特徴を最低限認識できるレベルであると考えられる。

以上より、前述のように照度が 100lx 以上の場合には視認距離を 100m とし、100lx 未満の場合は、 $h=0.024$ (m) のものを視認可能な距離が視認距離に相当するとし、(15)式と(16)式を用いて次式のように与える。

$$L(r) = \frac{60 \times 180 \times 0.024}{\pi} \times (0.161 \ln r + 0.47) \quad (18)$$

(4) モデルの適用

モデルを実際の中学校区で発生した中学生が被害者となる交通事故および犯罪・不審行為の事例に適用し、得られる計算結果と観測値を比較することで、その妥当性を検討する。本研究では住宅地が中心の福岡市内の A 中学

校区を対象とし、交通事故および犯罪・不審者発生と通学実態に関するアンケート調査を実施した。アンケート調査概要を表-1に示す。

集計の結果、登下校時間帯における交通事故および危険件数は 33 件、犯罪・不審者発生件数は 17 件であった。

各通学路区間の中学生の交通量についてはアンケート調査から得られた登下校開始時刻、登下校の所要時間、経路に関するデータを用いた。通学路の指定状況と事故および犯罪・不審者発生地点を考慮して通学ルートを抽出し、登下校時に通過する生徒数を時間帯・道路区間別に集計した。各道路区間における中学生以外の交通量については、2014年1月および2015年1月に歩行者、自転車、自動二輪車、自動車の5分間交通量を1時間ご

表-1 アンケート調査概要

実施時期	2013年11月
対象・人数	1,2年生全生徒552名
方法	学校でのアンケート票の配布・回収(回答は自宅にて記入)
回収数(回収率)	473票(85.7%)
調査項目	<ol style="list-style-type: none"> 1. 学年・性別等属性 2. 登下校時刻・所要時間・ルート等の登下校実態 3. 交通事故に遭った、または遭いそうになった地点・時刻・内容 4. 犯罪・不審者との遭遇地点・時刻・内容 5. 犯罪不安喚起地点・内容 6. その他、帰宅後の交通事故や犯罪・不審者出没のに関する情報

とに測定した。

ドライバーの視認距離内に存在する道路標識・道路標示の数については、現地調査により計測した。現地調査では、速度制限、車両通行禁止、一方通行、一時停止の道路標識・標示に加えて、小中学校や地方公共団体などが作成している交通安全の看板などを対象とした。ドライバーの死角については、住宅地図および現地調査でのデータをもとに画像処理ソフトGIMP2を用いて計測した。

現場周辺の沿道施設状況については、各ルートの道路区間別に駐車場・空き地・公園の間口距離の合計と、塀・壁・生垣・河川と夜間にほぼ利用者がいないと考えられる小学校を対象に道路区間に接する部分の総延長を現地調査により測定した。

視認距離に影響を与える現場周辺の照度については、夜間の下校時間帯のみを対象に、18時以降の各道路区間内の最も明るい場所と最も暗い場所の2地点において水平面照度・円直面照度をそれぞれ3回ずつ測定した値の平均をとった。

4. 研究成果

各モデル式に対象校区で入手したデータを入力し、各パラメータと犯罪・不審者発生モデルの閾値 t_{min} , t_{max} を変化させながら、交通事故および犯罪・不審者発生の観測値の分布と、モデルから算出される交通事故危険性および犯罪・不審者の発生しやすさの指標の理論値の分布との誤差が最少となるようにパラメータと閾値の最適値を推定した。なお、犯罪・不審者発生モデルの交通流の平均通過速度については、歩行者・自転車を $V_w = 175 \text{ m/min}$ 、自動二輪車・自動車は制限

表-2 交通事故危険性モデルのパラメータ

α	β_1	β_2	β_3	β_4
2.7×10^{-7}	0.147	0.02	0.143	0.224
γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	
-0.071	-0.095	-0.049	0.001	

表-3 犯罪・不審者発生モデルのパラメータ

α	β_1	β_2	γ_1
0.55	1.06	5.60	0.31
γ_2	t_{min}	t_{max}	
0.91	1.5	3.0	

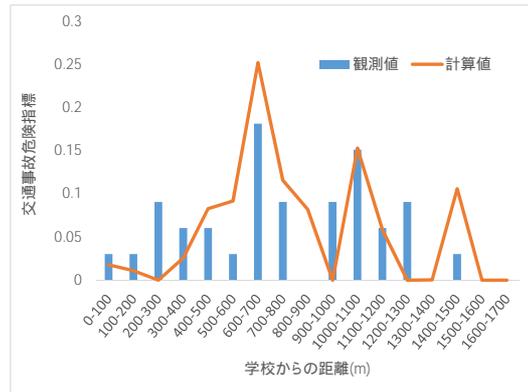


図-6 モデルの適用結果(交通事故)

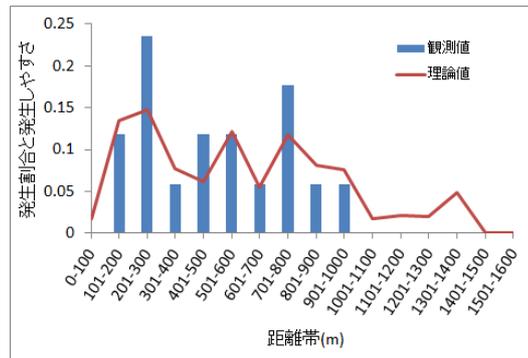


図-7 モデルの適用結果(犯罪・不審者)

速度のある場合はその数値を採用し、それ以外の道路については道路幅員に応じて $30 \text{ km/h} \cdot 20 \text{ km/m}$ に設定した。各モデルの推定結果を表-2、表-3に、各モデルの適用結果を図-6、図-7に示す。観測値と理論値の適合度について統計的検定を行ったところ、コルモゴロフ・スミルノフ検定(K-S検定)においていずれも有意水準20%で「理論値の分布は観測地の分布に適合する」という結果が得られた。これより、各モデルは実際の事象を概ね表現していると言える。

続いて、パラメータについての考察を述べる。まず、交通事故危険指標に関するものについては、4つの要因のうちで最も大きな数値となったドライバーの可視範囲に対する死角の割合が、最も交通事故危険性に与える影響力が大きく、逆に生徒以外の歩行者の交通量が最も影響力が小さいという結果となった。また、車両の停止距離外に存在する生

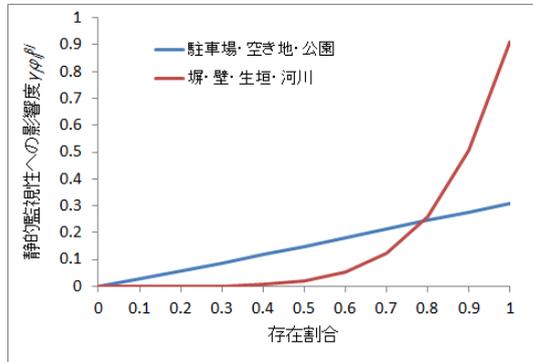


図-8 沿道施設の静的監視性への影響度

徒、生徒以外の歩行者、道路標識・標示については、多くなるほど交通事故危険性を下げ、逆に死角の割合については、多くなるほど危険性を上げる結果となった。

犯罪・不審者の発生しやすさの指標については、静的監視性に関する物理的要因である駐車場・空き地・公園および塀・壁・生垣・河川のいずれも多く存在するほど犯行を誘発する効果があると言える。図-8にパラメータ推定の結果から得た沿道施設の監視性に対する影響度を示す。駐車場・空き地・公園については、当初存在するほど犯行を抑止する効果があると予想していたが、反対の結果となった。これは中学生の登下校時間帯においては利用者が少なく、静的監視性が低下している可能性がある。また、生徒の通過時間間隔の最少・最大閾値の推定結果から、生徒が1.5分から3分の間に1人で通過する場合、犯行企図者にとってターゲットの物色が十分に行え、かつ他の生徒からの目撃を避けるとみなし行動を起こそうとすると考えられる。

参考文献

- 1) 総務省：平成23年度版 子ども・若者白書、2011、40
- 2) 斉藤良子：子どもの交通事故、国際交通安全学会誌、Vol. 22、No. 3、1998、158-166
- 3) 中村攻：子どもはどこで犯罪にあっているか 犯罪空間の実情・要因・対策、晶文社、2000、14
- 4) 松永千晶、宮崎彩、角知憲：通学路上の犯罪発生に関する要因分析、土木計画学研究・論文集、Vol. 26、2009、239-244
- 5) Cohen, L. E. and Felson, M.: Social Change and Crime Rate Trends: A Routine Activity Approach, American Sociology Review, Vol. 44, No. 4, 1979, 588-608
- 6) 井上容子：有彩色照明が視認性と雰囲気におよぼす影響、照明学会誌、Vol. 92、No. 9、2008、637-644

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

Chiaki Matsunaga, Kyoko Tsukamoto, Tatsuru Tajima, Daiju Ago, Yoshinao Oeda and Satoshi Toi, A Study on the Influence of Encounter with Target and Physical Factors around School Route Given to the Suspicious Persons Targeting Schoolchildren, Proceedings of 15th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, 査読あり、forthcoming (登載決定)、2017

松永千晶、塚本恭子、大枝良直、外井哲志、中学生との遭遇機会と通学路の物理的環境要因が不審者出没に与える影響に関する研究、土木学会論文集 D3、査読あり、Vol. 71、No. 5、2015、699-709

〔学会発表〕(計 5 件)

白石悠祐、松永千晶、大枝良直、外井哲志、通学路周辺の物理的環境が中学生の交通事故危険性に与える影響に関する研究、第52回土木計画学研究発表会、2015年11月21日、秋田大学手形キャンパス(秋田県秋田市)

白石悠祐、松永千晶、大枝良直、外井哲志、中学生の通学路周辺の物理的環境が交通事故危険性に与える影響に関する研究、平成26年度土木学会西部支部研究発表会、2015年3月7日、琉球大学千原キャンパス(沖縄県西原町)

松永千晶、塚本恭子、大枝良直、外井哲志、中学生との遭遇機会と通学路の物理的環境要因が不審者出没に与える影響に関する研究、第50回土木計画学研究発表会、2014年11月3日、鳥取大学(鳥取県鳥取市)

松永千晶、川喜多正太、末益元気、大枝良直、外井哲志、交通量と道路の物理的特性からみた児童の通学時における交通事故の危険性に関する研究、第49回土木計画学研究発表会、2014年6月7日、東北工業大学(宮城県仙台市)

塚本恭子、松永千晶、外井哲志、大枝良直、中学生との遭遇機会と道路の物理的環境が不審者出没に与える影響に関する研究、平成25年度土木学会西部支部研究発表会、2014年3月8日、福岡大学七隈キャンパス(福岡県福岡市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

松永 千晶 (Matsunaga, Chiaki)
九州大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号：80325513

(2)研究協力者

塚本恭子 (Tsukamoto, Kyoko)
白石悠祐 (Shiraishi, Yusuke)